

УДК 504.064.3

Е.Н.ВАРЛАМОВ

УкрНИИЭП, г.Харьков

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ КОМПЛЕКСА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Рассматривается алгоритм оптимизации комплексов измерительных средств (КИС) аналитических лабораторий, осуществляющих контроль окружающей природной среды по следующим критериям: минимального числа приборов КИС, обеспечивающих полное измерение всех заданных параметров и максимального числа измерений при недостаточном составе КИС для полного измерения всех параметров.

Основу информации, поступающей в Государственную систему мониторинга окружающей природной среды (ГСМОС), в настоящее время составляют результаты аналитических исследований, которые выполняются различными специализированными аналитическими лабораториями субъектов ГСМОС, в том числе экологических инспекций, гидрометслужб, госводхоза и санитарных служб [1, 2].

В настоящее время, как показывает анализ, в аналитических лабораториях, осуществляющих контроль состояния окружающей природной среды (ОПС) и предоставляющих информацию в ГСМОС, комплексы измерительных средств (КИС) подобраны далеко не оптимально, как с точки зрения количества используемых приборов, так и их загрузки при решении поставленных перед лабораториями задач. Отсутствует типизация используемых КИС и применяемых методик. Это часто приводит к расхождению результатов, полученных в различных ведомствах, а также к перенасыщенности лабораторий одними приборами и нехватке других и, как результат, затруднения в обеспечении необходимого количества наблюдений (как по количеству измерений, так и по числу измеряемых параметров).

Известно, что наблюдения за состоянием окружающей среды проводятся в соответствии с утвержденными программами, которые задают фиксированное число измеряемых параметров с заданной периодичностью и заданным числом измерений каждого параметра в году. Каждое ведомство, субъект государственной системы мониторинга окружающей природной среды, проводит наблюдения в соответствии со своими программами, которые охватывают различные природные среды (атмосферу, водные ресурсы, почву, отходы и др.), используя при этом приборное обеспечение приблизительно одного класса.

Поскольку одной из основных задач ГСМОС является получение наиболее достоверной информации, то оснащение аналитических лабораторий однотипными и современными КИС с большой производительностью, минимальными затратами и наибольшей отдачей является основой для её решения. Отсюда возникает задача подбора оптимального КИС для обеспечения необходимого числа измерений фиксированного числа параметров в аналитической лаборатории.

Формирование номенклатуры КИС контроля ОПС аналитической лаборатории должно проводиться на основании анализа реализуемых каждым прибором реальных функций контроля.

Пусть $F \{a_i\}$ – множество параметров a_i ОПС, которые необходимо измерять ($i = 1 \dots n$).

$F_j \{a_{ij}\}$ – подмножество параметров ОПС из множества $F \{a_i\}$, которое может измерять j -й прибор ($F_j \{a_{ij}\} \subset F \{a_i\}$, $i_j = 1 \dots L_j$, $L_j \leq n$).

Тогда $(n - L_j)$ показывает, насколько полно j -й прибор удовлетворяет заданным целям контроля.

При этом исходный КИС контроля, состоящий из b_j приборов, будет представлять множество $F \{b_j\}$ ($j = 1 \dots m$), которое может измерять $\bigcup_j F_j \{a_{ij}\} \bigcap_i F_j \{a_{ij}\}$ параметров ОПС.

Следует отметить, что если $\bigcup_j F_j \{a_{ij}\} \geq |F \{a_i\}|$ комплекс технических средств может обеспечивать определение всех заданных параметров ОПС.

При $\bigcup_j F_j \{a_{ij}\} < |F \{a_i\}|$ данный КИС не обеспечивает выполнение поставленной задачи.

Возникает задача подбора оптимального КИС для измерения необходимого числа заданного (фиксированного) множества параметров.

При оптимизации КИС можно выбрать различные критерии, наиболее целесообразными из которых представляются следующие:
 минимальное число приборов КИС, обеспечивающих полное измерение всех заданных параметров;
 максимальное число измерений при недостаточном обеспечении КИС, для полного измерения всех заданных параметров;

минимальная стоимость всех измерений на интервале времени (в году) с учетом амортизации приборов.

Перед рассмотрением алгоритмов оптимизации для выбора КИС аналитической лаборатории по различным критериям, зададимся исходными данными.

Будем считать заданным перечень a_i -х параметров ОПС, подлежащих определению, и полагать, что он включает n элементов ($i = 1 \dots n$).

Будем также считать известным исходный перечень b_j технических средств, состоящий из m приборов, которые могут использоваться для определения заданных параметров ($j = 1 \dots m$).

Пусть T – время работы лаборатории в году; T_j – время работы j -го прибора в году ($T_j \leq T$); τ_{ij} – время, которое необходимо для измерения i -го параметра j -м прибором (с учетом или без учета пробоподготовки); R_i – заданное количество измерений i -го параметра, которое необходимо провести в году.

Тогда $N_{ij} = \frac{T_j}{\tau_{ij}}$ – максимальное количество измерений i -го параметра, которое можно провести с помощью j -го прибора в течение года.

Следовательно, максимальное число измерений i -го параметра всеми приборами b_p^i , которые могут измерять i -й параметр составит

$$N_{i\Sigma} = \sum_p N_{ip} \quad (p = 1 \dots P, P \leq m).$$

$T_{ij} = R_i \cdot \tau_{ij}$ – время, необходимое для проведения R_i измерений i -го параметра j -м прибором в году.

При измерении j -м прибором нескольких параметров ξ_j , где $\xi_j = (1 \dots L_j)$, время T_{ξ_j} , необходимое для проведения всех измерений параметров ξ_j определяется как сумма отдельных времен:

$$T_{\xi_j}^0 = \sum_{\xi_j} T_{\xi_j}.$$

При этом надо учесть, что загрузка прибора на определенном интервале времени является конечной.

Если под задачей j -го прибора измерениями i -го (ξ_j) параметра

будем понимать

$$Z_j^i = \frac{K_i}{N_{ij}} = \frac{T_{ij}}{T_j},$$

то под общей загрузкой j -го прибора всеми измерениями L_j параметров будем понимать

$$Z_j = \sum_i Z_j^i \quad (a_i \in F_j \cap F_j \{a_{\xi_j}\}), \text{ т.е.}$$

$$Z_j = \sum_{\xi_j=1}^{\ell_i} \frac{R_i}{N_{\xi_j}}. \quad (1)$$

Тогда выполнение всех $(\sum R_{\xi_j})$ измерений j -м прибором в течение заданного интервала времени T_j возможно, если общая загрузка j -го прибора $Z_j \leq 1$.

Если $Z_j > 1$, то это означает, что на данный j -й прибор возложена невыполнимая задача.

Так как Z_j должна быть меньше 1, то может оказаться, что данный j -й прибор не сможет выполнить все измерения всех α_{ξ} параметров, или прибор выполнит все измерения и останется еще резерв времени, т.е. j -й прибор может выполнить все измерения i -го параметра или только часть. Тогда через ΔT_{ij} обозначим затрачиваемое j -м прибором на проведение какого-либо числа измерений i -го параметра.

Матрица A

j	i	1	2	...	i	...	n	T_j
1		τ_{11}	τ_{12}		τ_{i1}		τ_{n1}	T_1
2		τ_{12}	τ_{22}		τ_{i2}		τ_{n2}	T_2
...								
J		τ_{1j}	τ_{2j}		τ_{ij}		τ_{nj}	T_j
...								
m		τ_{1m}	τ_{2m}		τ_{im}		τ_{nm}	T_m
R_i		R_1	R_2		R_i		R_n	

Целевой функцией Z , которую следует максимизировать, является число измерений, выполняемых КИС:

$$Z = \sum_i \sum_j \frac{\Delta T_{ij}}{\tau_{ij}}.$$

Оптимизация функции Z выполняется с учетом следующих ограничений:

$$\sum_i \Delta T_{ij} \leq T_j \quad \text{для всех } j = 1 \dots m;$$

$$\sum_j \frac{\Delta T_{ij}}{\tau_{ij}} \leq R_i \quad \text{для всех } i = 1 \dots n.$$

Эта задача является стандартной задачей линейного программирования, алгоритм решения которой реализован в различных компьютерных системах [3-5].

После завершения операции оптимизации в исходной матрице отмечаются строки j^* , соответствующие выбранным приборам, и столбцы i^* , соответствующие параметрам, которые полностью обеспечены по необходимому числу измерений (R_i). Если некоторые параметры a_i обеспечены не полностью, то $R_i = R_i - r_i$, где

$$r_i = \sum_{j^*} r_{ij^*}.$$

Здесь r_{ij^*} – число измерений i -го параметра, которое необходимо выполнять j^* прибором.

Если в результате выполнения конечного числа шагов получим полное обеспечение измерений заданных параметров, то необходимый состав КИС сформирован.

Если же некоторый параметр a_i не обеспечивается приборами из исходного КИС, то для решения задачи в состав исходного КИС необходимо включить дополнительные приборы, которые обеспечат измерение необходимых параметров. В качестве примера в табл.1, 2 приведены результаты выбора оптимального КИС по искусственно заданному критерию, который обеспечивает полное измерение всех 16 заданных параметров, при исходном (условно заданном) КИС, состоящего из 11 приборов.

Таким образом, применение алгоритма оптимизации КИС позволяет определить, обеспечивает ли имеющийся измерительный комплекс выполнение заданной программы измерений, и сформировать оптимальный КИС с включением в него наиболее производительных приборов, что в свою очередь позволит сократить затраты на их приоб-

речение и эксплуатацию.

- 1.Васенко А.Г., Варламов Е.Н. и др. Экологическое состояние трансграничных участков рек бассейна Днепра на территории Украины. – К.: Академперіодика, 2002. – 356 с.
- 2.Величко О.М., Зеркалов Д.В. Екологічний моніторинг. – К.: Науковий світ, 2001. – 195 с.
- 3.Моисеева Н.К., Карпунин М.Г. Основы теории и практики функционально-стоимостного анализа. – М.: Высшая школа, 1988. – 254 с.
- 4.Романовский И.В. Алгоритмы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1977. – 328 с.
- 5.Калинин В.Н., Резников Б.А., Варанкин Е.И. Теория систем и оптимального управления. Ч.2. Понятия, модели и алгоритмы оптимального выбора. – М.: МО СССР, 1987. – 352 с.

Получено 17.02.2004

УДК 349.6

А.В.ОВЧАРОВ, Б.М.КОРЖИК, кандидаты техн. наук
Харьковская национальная академия городского хозяйства

ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАЦИЙ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ И ПУТИ ИХ ЭФФЕКТИВНОГО РЕШЕНИЯ

Рассматриваются современные проблемы подготовки данных для расчета концентраций вредных веществ в атмосфере Украины. Предлагается новый более качественный подход в их решении.

В настоящее время во всем мире важнейшим средством решения вопросов охраны атмосферного воздуха является нормирование выбросов вредных веществ как от отдельных источников загрязнения, так и от их суммы. В самом процессе нормирования необходимо правильно подготовить исходные данные для проведения компьютерного расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе [2-4], а также впоследствии точно указать результаты расчета на картографической основе.

В области охраны атмосферного воздуха установлены нормативы [1] экологической безопасности атмосферного воздуха; предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ стационарных источников; предельно допустимого воздействия физических и биологических факторов стационарных источников; содержания загрязняющих веществ в отработавших газах и воздействия физических факторов передвижных источников; допустимого выброса загрязняющих веществ от технологического оборудования.

Особую роль в нормировании неблагоприятного химического воздействия предприятий играют нормативы предельно допустимых